

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 28 JAN 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 50 546.6

Anmeldetag:

29. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber:

Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen/DE

Bezeichnung:

Optische Baugruppe

IPC:

G 02 B, G 03 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

Steck

Optische Baugruppe

- 5 Die Erfindung betrifft eine optische Baugruppe mit mehreren optischen Elementen. Sie betrifft ebenfalls eine Projektionsbelichtungsanlage mit einer derartigen Baugruppe.

Optische Baugruppen, wie etwa Objektive, Beleuchtungssysteme
10 und dergleichen sind sehr empfindlich gegen Bewegungen ihrer einzelnen optischen Elemente z.B. Spiegel, sowohl relativ zu einander als auch relativ zu deren Fassungsstruktur.

Projektionsobjektive, insbesondere für den Einsatz in Projektionsbelichtungsanlagen der Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterbauelementen im EUVL-Bereich sind beispielsweise aus der EP 1 178 356 A2 bekannt. Auf derartige Projektionsobjektive übertragene Schwingungen erzeugen Bildfehler bzw. setzen die Abbildungsqualität des Projektionsobjektivs deutlich 20 herab, so dass aufgrund der dort geforderten hohen Genauigkeiten aufwändige Bildfehlerkorrekturen notwendig werden.

Aus der DE 102 04 465 A1 sind Korrekturmöglichkeiten für schwingungsinduzierte Bildfehler bekannt.

25 Um die Übertragung von störenden Schwingungen zu minimieren, sind optische Baugruppen, insbesondere Projektionsobjektive gegen Schwingungen isoliert. Des weiteren sind die einzelnen Elemente innerhalb der Baugruppen derart steif miteinander 30 verbunden (mit hoher Eigenfrequenz), dass sie sich miteinander als steifer Körper unter der Erregung jeglicher restlicher, üblicherweise niedarfrequenter Schwingungen bewegen.

Eine dynamische Trennung/Entkopplung bzw. Schwingungsentkopp-
35 lung von optischen Elementen einer optischen Baugruppe, deren Positionierung relativ zu den anderen optischen Elementen weniger hohe Anforderungen stellt, wäre vorteilhaft, vor allem dann, wenn der zusätzliche Eintrag von störenden Schwingungen

durch diese optische Elemente wahrscheinlich ist, weil sie eventuell über Aktuatoren, Motoren oder dergleichen manipulierbar sind.

- 5 Des weiteren wäre es denkbar, bestimmte optische Elemente austauschbar zu gestalten, um diese z.B. in ihren optischen Eigenschaften verändern oder durch andere ersetzen zu können. Dementsprechend könnte an der optischen Baugruppe eine Art Austauschmechanismus zum Auswechseln der optischen Elemente
- 10 vorgesehen sein.

Dabei treten insbesondere die folgenden Problematiken auf: Eine hinreichend genaue, reproduzierbare Positionierung des auswechselbaren optischen Elements im Strahlengang der optischen Baugruppe durch einen derartigen Austauschmechanismus ist schwierig. Darüber hinaus sollte die Übertragung von störenden Schwingungen durch diesen Austauschmechanismus und das austauschbare optische Element auf die optische Baugruppe vermieden werden. Ein weiteres Problem ist die Kontamination der optischen Baugruppe bzw. dessen einzelner optischer Elemente durch Partikel, die durch den Austauschmechanismus erzeugt würden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, 25 eine optische Abbildungsvorrichtung und eine Projektionsbelichtungsanlage der eingangs erwähnten Art zu schaffen, bei denen wenigstens ein optisches Element von den restlichen optischen Elementen und der optischen Abbildungsvorrichtung wenigstens annähernd dynamisch entkoppelt und dabei wenigstens 30 annähernd genau positionierbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Die Aufgabe wird ebenfalls durch die in Anspruch 4 genannten Merkmale gelöst. Die Aufgabe wird hinsichtlich der Projektionsbelichtungsanlage durch Anspruch 19 35 gelöst.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird in einfacher und

vorteilhafter Weise eine optische Baugruppe geschaffen, bei der insbesondere optische Elemente bei denen die genaue Positionierung im Strahlengang relativ zu anderen optischen Elementen weniger kritisch ist, wie beispielsweise Blenden oder dergleichen einfach dynamisch entkoppelt werden können. So dass sich durch Motoren, Aktuatoren oder dergleichen eingebrachte Schwingungen nicht auf die restlichen optischen Elemente der optischen Baugruppe auswirken können. Ist eine genauere Positionierung des dynamisch entkoppelten optischen Elements relativ zu den restlichen optischen Elementen bzw. zu der optischen Baugruppe vonnöten, kann dies durch den Einsatz von Sensoren erreicht werden.

Darüber hinaus können optische Elemente durch einen Austauschmechanismus ausgewechselt werden. Der Eintrag von störenden Schwingungen wird durch eine dynamische Entkopplung des optischen Elements bzw. des Austauschmechanismus von der optischen Baugruppe erzielt, d. h. eine Übertragung von ungewollten Bewegungen auf die optische Baugruppe bzw. deren optische Elemente wird verhindert. Bei optischen Elementen, die genauer positioniert werden müssen, können zusätzlich noch Halteeinrichtungen vorgesehen werden, die noch eine wenigstens annähernde Schwingungsentkopplung gewährleisten.

Vorteile bezüglich Anspruch 19 ergeben sich analog und anhand der Beschreibung.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen. Nachfolgend sind anhand der Zeichnung verschiedene Ausführungsformen der Erfindung prinzipiell erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine Darstellung einer erfindungsgemäßen optischen Baugruppe mit dynamisch entkoppelten optischen Elementen;

- Figur 2a einen Ausschnitt eines Projektionsobjektivs für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich mit typischem Strahlenverlauf und einem Blendenscheibenstapel;
- 5 Figur 2b eine Ansicht einer für das Projektionsobjektiv gemäß Figur 2a geeigneten Blendenscheibe von oben;
- 10 Figur 3 eine Ansicht einer Blendeneinrichtung mit einer Hub-einrichtung, einer Halteeinrichtung und mit Federelementen als Anschlag für eine Blendenscheibe; und
- Figur 4 einen prinzipiellen Aufbau einer EUV-Projektionsbelichtungsanlage mit einer Lichtquelle, einem Beleuchtungssystem und einem Projektionsobjektiv.

In Figur 1 ist als optische Baugruppe ein Objektiv 1 mit einem Gehäuse 1a dargestellt. Objektive 1 sind - wie vorstehend bereits erwähnt - sehr empfindlich gegen Bewegungen ihrer einzelnen optischen Elemente 2, sowohl relativ zueinander als 20 auch relativ zu deren Fassungsstruktur. Um die Übertragung von störenden Schwingungen zu minimieren, ist das Objektiv 1 gegen Schwingungen isoliert. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt dies über eine Vorrichtung 3, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

25 Ein manipulierbares optisches Element 2' ist über Aktuatormodule 4 mit einer separaten dynamisch vom Objektiv 1 entkoppelten Struktur 5 derart verbunden, dass durch die Manipulation verursachte Schwingungen oder Reaktionskräfte über die separate Struktur 5 an den Boden 6 abgeleitet werden. Das optische Element 2' ist somit in vorteilhafter Weise vom Objektiv 1 und dessen restlichen optischen Elementen 2 dynamisch entkoppelt. 30 Um eine derartige Verbindung des optischen Elements 2' mit der Struktur 5 zu ermöglichen ist das Objektiv 1 mit Öffnungen 7 35 versehen.

Eine genaue Positionierung des optischen Elements 2' relativ zum Objektiv 1 erfolgt mittels einer zusätzlichen Positionsbe-

stimmung über Sensoren 8.

Des weiteren weist das Objektiv 1 als optisches Element 2'' eine Irisblende auf, deren Blendenöffnung mittels eines Motors 5 (nicht dargestellt) verstellbar ist und die über Anbindungen 4' ebenfalls mit der separaten Struktur 5 verbunden ist, welche die, insbesondere durch den Motorantrieb erzeugten, Schwingungen ableitet und das optische Element 2'' vom Objektiv 1 dynamisch entkoppelt.

10

In anderen Ausführungsbeispielen könnte die optische Baugruppe auch ein Beleuchtungssystem oder dergleichen sein.

Figur 2a zeigt einen Ausschnitt eines Projektionsobjektivs 10 für den Einsatz im EUVL-Bereich mit dessen typischem Strahlenverlauf 11 zwischen an einem Gehäuse 10a (gestrichelt dargestellt) des Projektionsobjektivs 10 angeordneten Spiegeln 12 als optische Elemente und einer Objektebene 13 (in Fig. 4 näher erläutert). Im Strahlenverlauf 11 ist als weiteres optisches Element eine Blende 12' mit einer Blendenöffnung 14 an ihrer Arbeitsposition 15 (gepunktet angedeutet) anordnbar, welche zur Abblendung des Lichtstrahls des Projektionsobjektivs 10 dient.

25 Wie ersichtlich, werden hier hohe Anforderungen hinsichtlich der Beschaffenheit und des Bauraums der Blende 12' gestellt. Dementsprechend sollte die Blendenöffnung 14, wie in Figur 2b dargestellt, dezentral sein. Diese notwendige Anordnung der Blendenöffnung 14 auf der Blende 12' sowie der geringe Bauraum 30 im Projektionsobjektiv 10 erschweren den Einsatz von herkömmlichen, kontinuierlich beispielsweise durch Lamellen verstellbaren Irisblenden bei einem derartigen Projektionsobjektiv 10, insbesondere bei Arbeitswellenlängen im EUVL-Bereich.

35 Deshalb wird ein als Blendeneinrichtung 17 ausgebildeter Austauschmechanismus als Ersatz für die kontinuierlich verstellbare Blende vorgesehen, der feste Blendengeometrien in den Strahlengang 11 des Projektionsobjektivs 10 an ihre Arbeitspo-

sition 15 bringt und diese auch wieder entfernt. Die relative Positionierung der Blende 12' zum Rest der optischen Elemente z. B. Spiegeln 12 des Projektionsobjektivs 10 ist im Allgemeinen weniger kritisch.

5 Die Blendeneinrichtung 17 weist einen Blendenscheibenstapel 17a auf, der einzelne als Blendenscheiben ausgebildete Blenden 12' mit festen Geometrien (wie in Figur 2b dargestellt) vertikal übereinander gestapelt aufweist. Die Blendenöffnungen 14
10 können dabei auch statt der dargestellten Kreisform elliptische oder sonstige Formen aufweisen. Die Blendenscheiben 12' werden bevorzugt über durch Pfeile 16 angedeutete Richtungen in den Strahlengang 11 des Projektionsobjektivs 10 an die dafür vorgesehene Arbeitsposition 15 gebracht. Die Blendenscheiben 12' sind, wie aus Figur 2b ersichtlich, derart geformt, dass sie einen dünnen Rand auf der Seite des benachbarten Lichtstrahls und einen breiteren Rand über den restlichen Umfang aufweisen.

20 Das Projektionsobjektiv 10 ist gegen Schwingungen isoliert. Des weiteren sind die einzelnen optischen Elemente 12 innerhalb des Projektionsobjektivs 10 derart steif miteinander verbunden (mit hoher Eigenfrequenz), dass sie sich miteinander als steifer Körper unter der Erregung jeglicher restlicher üblicherweise niedarfrequenter Schwingungen bewegen.
25

Es ist aufwändig, eine Ausführungsform der gesamten Blendeneinrichtung 17 mit ausreichend hoher Eigenfrequenz zu schaffen, da relativ große Massen bewegt werden müssen und der Bau-
30 raum eingeschränkt ist. Demzufolge würden durch die Blendeneinrichtung 17 dynamische Bewegungen (Schwingungen) auf das gesamte Projektionsobjektiv 10 übertragen.

Eine mögliche Lösung dieses Problems ist, die gesamte Blendeneinrichtung 17 auf eine separate, dynamisch vom Projektionsobjektiv 10 entkoppelte Struktur zu montieren.
35

Eine verbesserte Lösungsstrategie besteht jedoch darin, die

ausgewählte Blendenscheibe 12' vom Rest der Blendeneinrichtung 17 zu trennen und auf verschiedenen Strukturen anzurichten, wobei eine Halteeinrichtung 18 (siehe Fig. 3) am Projektionsobjektiv 10 vorgesehen ist. Der Rest der Blendeneinrichtung 17 kann auf eine separate, dynamisch entkoppelte Struktur 19 montiert werden. Diese Lösungsmöglichkeit ist im wesentlichen in den Figuren 3 skizziert.

Eine weitere Lösungsmöglichkeit besteht darin, sowohl die Halteinrichtung 18 als auch einen Hubmechanismus 20 am Projektionsobjektiv 10 zu befestigen, während der Rest der Blendeneinrichtung 17 auf eine separate Struktur montiert wird (nicht dargestellt).

Wie in Figur 3 ersichtlich, weist der Blendenscheibenstapel 17a mehrere Blendenscheiben 12' auf, die in separaten Einschüben 21 untergebracht sind. Jeder Einschub 21 kann individuell durch ein allen Einschüben 21 gemeinsames Gelenk (nicht dargestellt), als Zubringeinrichtung 22 herausgedreht werden, so dass jeweils eine Blendenscheibe 12' herausgedreht werden kann, um anschließend im Strahlengang 11 des Projektionsobjektivs 10 an ihre Arbeitsposition 15 gehoben zu werden.

Nach Erreichen der Arbeitsposition 15 der Blendenscheibe 12' wird diese an die Halteeinrichtung bzw. an den Anschlag 18 gekoppelt. Die Halteeinrichtung 18 erlaubt eine wiederholbar genaue Positionierung der Blendenscheiben 12' im Mikrometerbereich. Dies verringert die Genauigkeitsanforderungen für die separaten Einschübe 21 als auch für eine Hubeinrichtung 20.

Die Halteeinrichtung 18 sorgt dafür, dass die Blendenscheibe 12' relativ zum Projektionsobjektiv 10 genau und in sechs Freiheitsgraden positioniert wird. Des Weiteren ist eine Halterung der Blendenscheiben 12' in der Halteeinrichtung 18 gegen die Gewichtskraft und andere störende Kräfte bzw. eine Verriegelung vonnöten. Um eine Partikelkontamination der Spiegeloberflächen zu vermeiden, sollte eine derartige Verriegelung der Blendenscheibe 12' möglichst sanft durchgeführt werden.

den.

Wie aus Figur 3 weiter ersichtlich, wird die Blendenscheibe 12' durch die Hubeinrichtung 20 von einer Entnahmeposition in 5 ihre Arbeitsposition 15 befördert und dort in der Halteinrichtung 18 gehalten. Bei der in Figur 3 dargestellten Blendeinrichtung 17 werden überwiegend Rotationsmechanismen zum Positionieren der Blendenscheiben 12' verwendet, da im Gegensatz zu Translationsmechanismen weniger Kontamination verursachende Partikel, beispielsweise durch Reibungskräfte, entstehen. Des weiteren wird die im wesentlichen konstante Kraft zum Halten der Blendenscheibe 12' in der Halteinrichtung 18 in einfacher und vorteilhafter Weise durch Federelemente 23 niedriger Steifigkeit bewerkstelligt. Um einen großen Kompressionsweg der Federelemente 23 zur Arbeitsposition 15 der Blendenscheibe 12' zu vermeiden, sollten die Federelemente 23 vorkomprimiert sein. Ein Pfeil 24 deutet die dynamische Entkopplung bzw. die Schwingungsentkopplung des separat montierten Gehäuses 10a des Projektionsobjektivs 10 (gestrichelt angedeutet) und der ebenfalls separat an einer festen Struktur 19 (gestrichelt angedeutet) montierten restlichen Blendeneinrichtung 17 an.

Die Halteinrichtung 18 zur Fixierung bzw. Positionierung der 25 Blendenscheibe 12' nutzt Magnetkräfte. Dies hat den Vorteil, dass es nur geringe oder keine offenen mechanisch beweglichen Teile gibt, die zu weiteren Partikelkontaminationen führen könnten.

30 In weiteren Ausführungsbeispielen könnten statt einer Blende auch weitere optische Elemente derart dynamisch entkoppelt und auswechselbar im Projektionsobjektiv 10 positioniert werden. Selbstverständlich können die optischen Elemente auch in Fassungen oder dergleichen gelagert sein.

35

Wie aus Figur 4 ersichtlich, weist eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage 30 eine Lichtquelle 31, ein EUV-Beleuchtungssystem 32 zur Ausleuchtung eines Feldes in der Objektebe-

ne 13, in der eine strukturtragende Maske angeordnet ist, so-
wie das Projektionsobjektiv 10 mit dem Gehäuse 10a und dem
Strahlenverlauf 11 zur Abbildung der strukturtragenden Maske
in der Objektebene 13 auf ein lichtempfindliches Substrat 33
5 zur Herstellung von Halbleiterbauelementen auf. Die Blende 12
zur Abblendung des Projektionsobjektivs 10 ist gepunktet ange-
deutet.

Patentansprüche:

1. Optische Baugruppe mit mehreren optischen Elementen, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein optisches Element (2', 2'') mit einer dynamisch von der optischen Baugruppe (1) entkoppelten Struktur (5) verbunden ist, wodurch es von den restlichen optischen Elementen (2) und der optischen Baugruppe (1) im wesentlichen dynamisch entkoppelt ist.
5
- 10 2. Optische Baugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Gehäuse (1a) der optischen Baugruppe (1) wenigstens eine Öffnung (7) vorgesehen ist, durch welche das dynamisch entkoppelte optische Element (2', 2'') mit der dynamisch von der optischen Baugruppe (1) entkoppelten Struktur (5) verbindbar ist.
- 20 3. Optische Baugruppe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Sensoren (8) zur Bestimmung der Position des optischen Elements (2') relativ zu dem Gehäuse (1a) oder relativ zu den restlichen optischen Elementen (2) der optischen Baugruppe (1) vorgesehen sind.
- 25 4. Optische Baugruppe mit mehreren optischen Elementen und einem darin erzeugten Strahlengang, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein optisches Element (12') auswechselbar mittels einer Zubringeinrichtung (22) in den Strahlengang (11) einführbar und aus diesem entfernbare ist, wobei das in den Strahlengang (11) einführbare und aus diesem entfernbare optische Element (12') von den restlichen optischen Elementen (12) und der optischen Baugruppe (10) im wesentlichen dynamisch entkoppelt ist.
30
- 35 5. Optische Baugruppe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Gehäuse (10a) der optischen Baugruppe (10) eine an die Abmessungen des in den Strahlengang (11) einführbaren und aus diesem entfernbaren optischen Elements (12') angepasste Öffnung vorgesehen ist.

6. Optische Baugruppe nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zubringeinrichtung (22) von der optischen Baugruppe (10) dynamisch entkoppelt und mit einer von der optischen Baugruppe (10) dynamisch entkoppelten Struktur (19) verbunden ist.
5
7. Optische Baugruppe nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamisch entkoppelte optische Element (12') über eine Hubeinrichtung (20) im Strahlengang (11) positionierbar und/oder fixierbar ist.
10
8. Optische Baugruppe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubeinrichtung (20) von der optischen Baugruppe (10) dynamisch entkoppelt und mit der von der optischen Baugruppe (10) dynamisch entkoppelten Struktur (19) verbunden ist.
9. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Halteeinrichtung (18) als Anschlag und/oder zur Fixierung des dynamisch entkoppelten optischen Elements (12') im Strahlengang (11) vorgesehen ist.
20
10. Optische Baugruppe nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (18) zur Fixierung des dynamisch entkoppelten optischen Elements (12') im Strahlengang (11) mit einem der restlichen optischen Elementen (12) verbunden ist.
25
11. Optische Baugruppe nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamisch entkoppelte optische Element (12') über Magnetkräfte der Halteeinrichtung (18) fixierbar ist.
30
12. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass Federelemente (23) zwischen der Hubeinrichtung (20) und dem dynamisch entkoppelten optischen Element (12') vorgesehen sind.
35

13. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zubringeinrichtung (22) und/oder die Hubeinrichtung (20) außerhalb der optischen Baugruppe (10) angeordnet sind.
14. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamisch entkoppelte optische Element (2') mittels Aktuatoren manipulierbar ist.
15. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamisch entkoppelte optische Element als Blende, insbesondere Blendenscheibe (12') ausgebildet ist.
16. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie als optische Abbildungsvorrichtung (1), insbesondere Projektionsobjektiv (10) ausgebildet ist.
17. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Beleuchtungssystem ausgebildet ist.
18. Optische Baugruppe nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie in einer Projektionsbelichtungsanlage (30) für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen eingesetzt ist.
19. Projektionsbelichtungsanlage (30) für die Mikrolithographie im EUVL-Bereich zur Herstellung von Halbleiterbauelementen mit einer optischen Baugruppe gemäß Anspruch 16.

Zusammenfassung:

Optische Baugruppe

5 (Figur 1)

Die Erfindung betrifft eine optische Baugruppe (1) mit mehreren optischen Elementen (2), wobei wenigstens ein optisches Element (2', 2'') mit einer dynamisch von der optischen Bau-
10 gruppe (1) entkoppelten Struktur (5) verbunden ist, wodurch es von den restlichen optischen Elementen (2) und der optischen Baugruppe (1) im wesentlichen dynamisch entkoppelt ist.

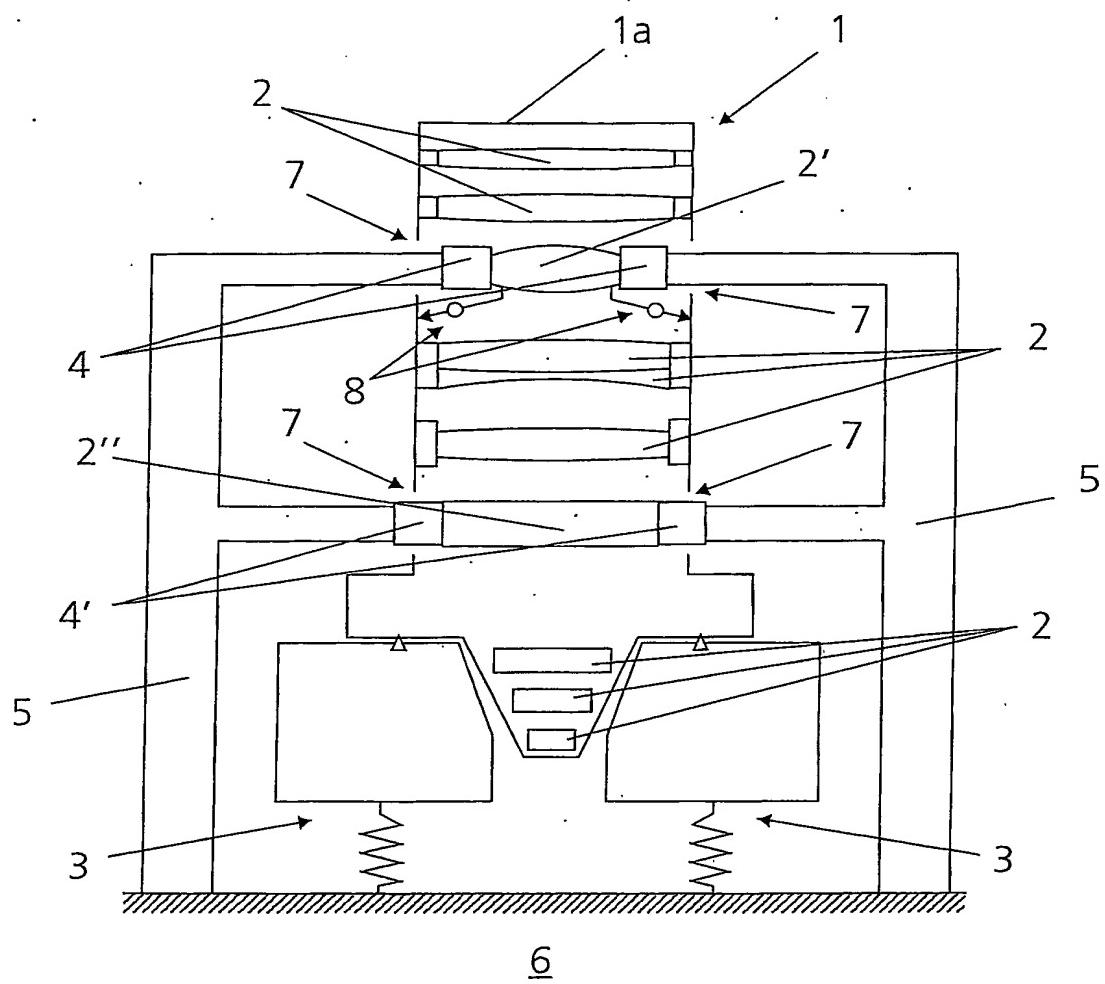


Fig. 1

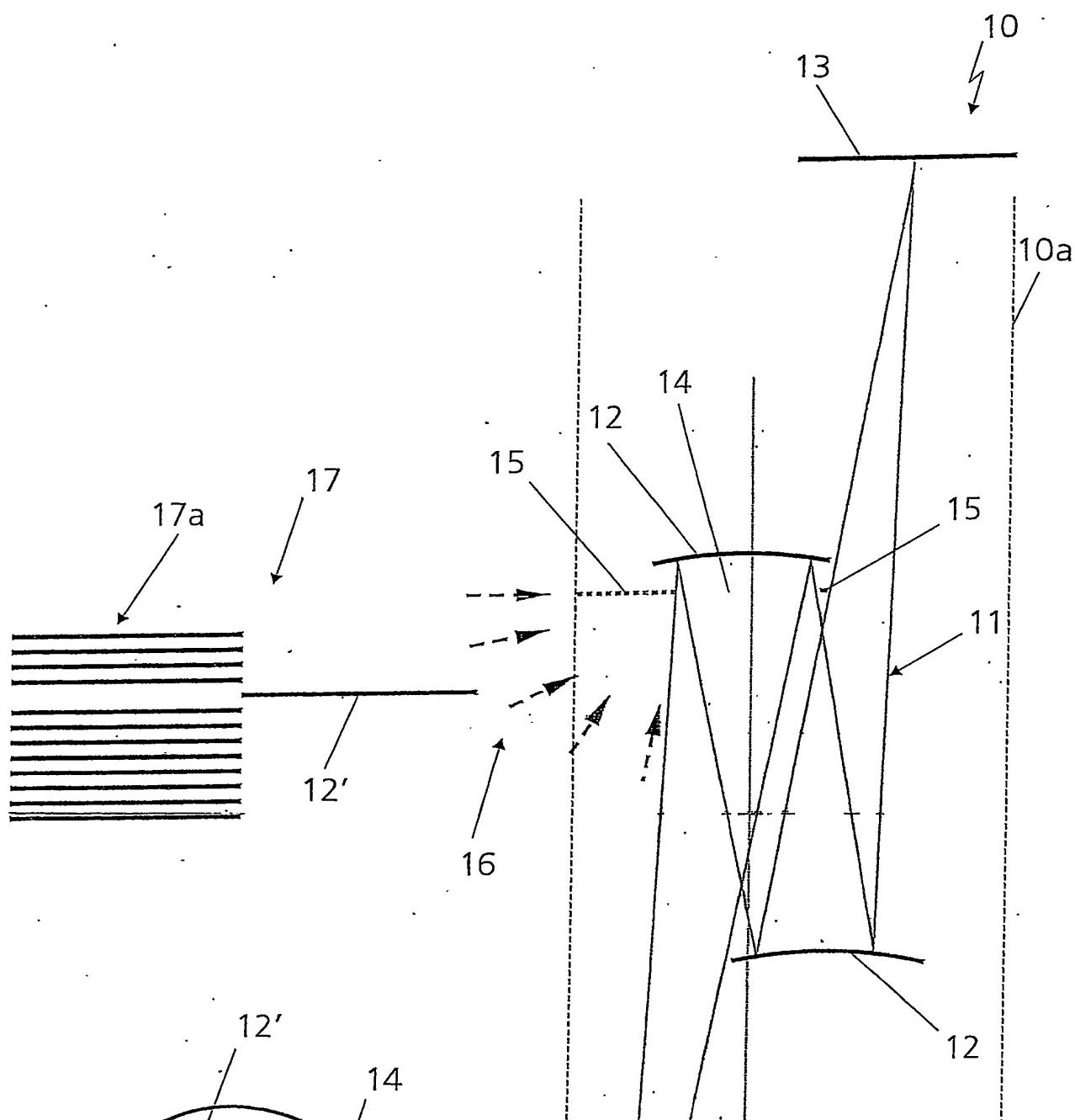


Fig. 2a

Fig. 2b

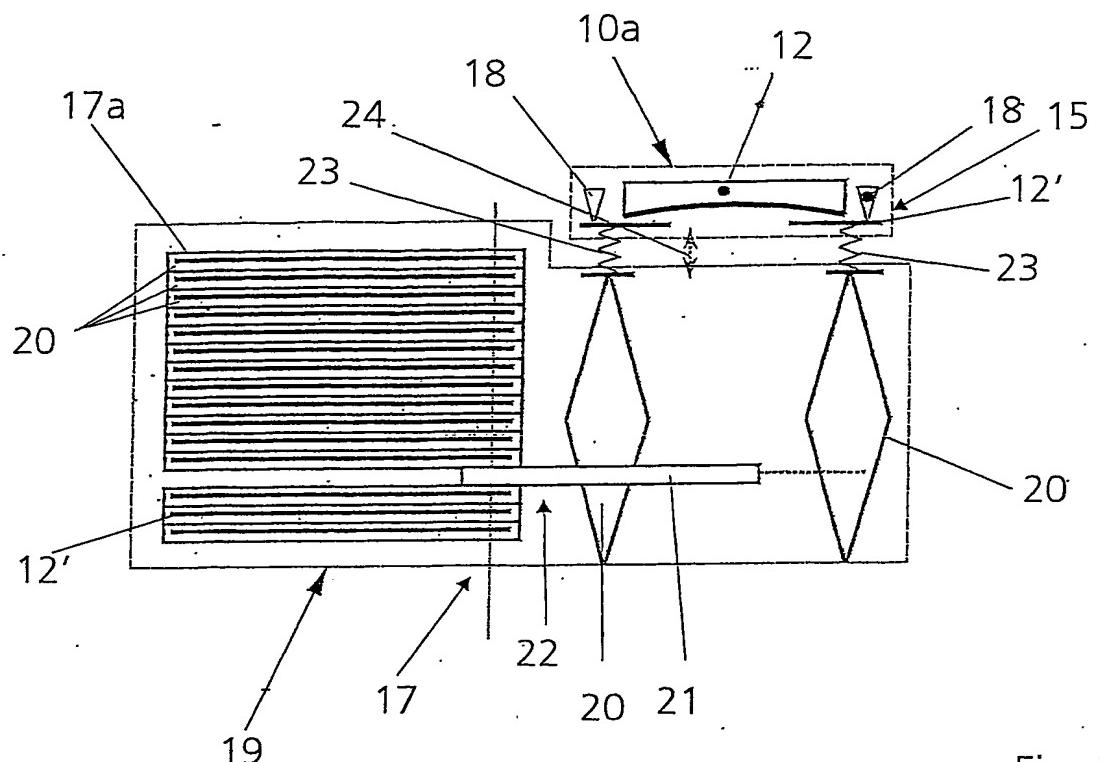


Fig. 3

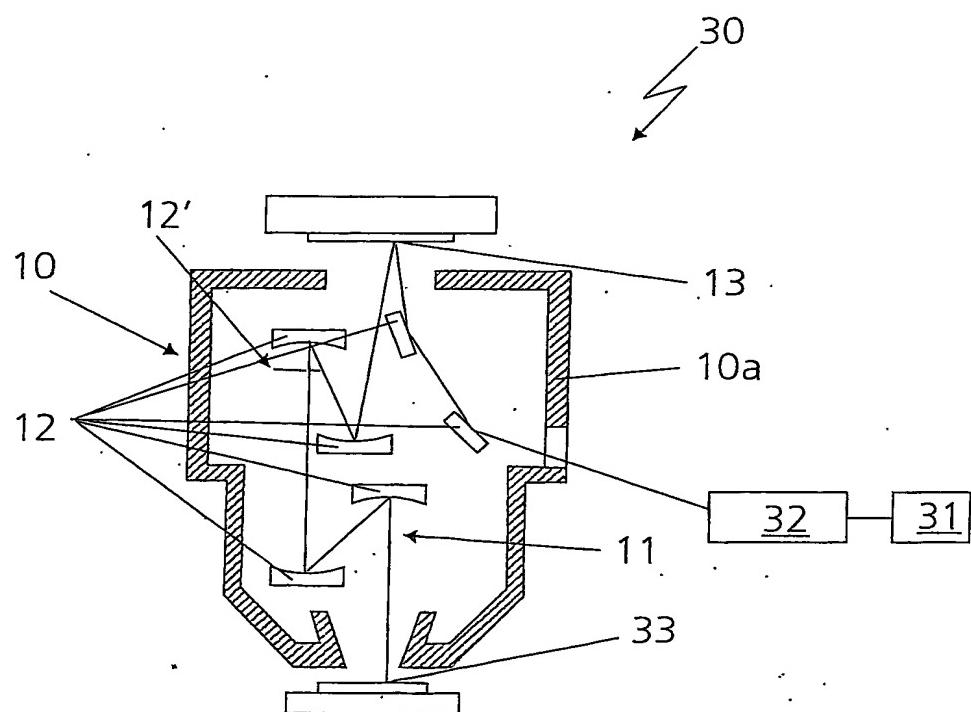


Fig. 4